

## **RAZVOJ MONITORING SISTEMA U POLJOPRIVREDI**

*Dušan Marković<sup>1</sup>, Dalibor Tomić<sup>1</sup>, Snežana Tanasković<sup>1</sup>, Vladeta Stevović<sup>1</sup>,  
Uroš Pešović<sup>2</sup>, Siniša Randić<sup>2</sup>*

**Izvod:** Poznavanje odnosa između biljnih vrsta i životne sredine u kojoj se nalaze staništa gajenih biljaka jedan je od preduslova za optimizaciju biljne proizvodnje. U okviru proizvodnog polja sistemi za praćenje useva (monitoring sistemi) imaju značajnu ulogu u poljoprivredi. Ovi sistemi omogućavaju prikupljanje podataka o uslovima na proizvodnom polju preko senzorskih mreža koje danas sve više funkcionišu u okviru koncepta „Internet of Things“. Prikupljeni podaci sa senzorskih uređaja procesiraju se na serverskoj strani preko „Complex Event Processing sistema“. Navedene sisteme karakteriše mogućnost definisanja pravila koja se primenjuju istovremeno sa prikupljanjem podataka. Zadana ili unapred definisana pravila obezbeđuju detekciju kritičnih zadatih vrednosti od strane krajnjeg korisnika. Primenom ovakvog sistema krajnji korisnici to jest proizvođači u najkraćem realnom vremenu dobijaju obaveštenja o detektovanim vrednostima i mogu preduzeti odgovarajuće korektivne mere.

**Ključne reči:** Complex Event Processing-CEP, IoT, poljoprivreda, monitoring.

### **Uvod**

Različite studije na terenu širom sveta pokazale su da je sa preciznim praćenjem parametara sredine i njihovom analizom, moguće racionalnije upravljanje resursima u poljoprivredi (Lee et al., 2010; Li et al., 2012). Danas je moguće koristiti senzorske mreže za detekciju i identifikaciju velikog broja parametara i pojava, na osnovu kojih se može reagovati u realnom vremenu i sprečiti neželjene posledice.

Poznavanje odnosa između biljnih vrsta i životne sredine u kojoj se nalaze staništa i gajenih biljaka, važan je preduslov za optimizaciju biljne proizvodnje (Đević et al., 2008) i bolje iskorišćavanje genetičkog potencijala za prinos gajenih biljaka. Praćenjem i kontrolom temperature, koncentracije CO<sub>2</sub>, intenziteta svetlosti, hraniva u zemljištu moguće je preduprediti neželjene posledice u usevu. Primenom sistema za monitoring u poljoprivredi se može vršiti praćenje i kontrola nivoa zagađenja vazduha, količine pesticida koji su prisutni u vodi ili nivo erozije zemljišta (Kavi et al. 2010), stanje zemljišta, useva ili klime u polju (Khedo et al. 2010).

Sistemi za monitoring se sastoje od senzorskih uređaja organizovanih najčešće u bežične senzorske mreže i sistema koji ima ulogu da sačuva prikupljene podatke i izvrši određene analize nad njima. Poslednjih godina, sa sve većim razvojem savremenih tehnologija, pojavljuje se novi koncept realizacije senzorskih uređaja pod nazivom „Internet of Things“ (IoT). IoT omogućava objektima, da uz odgovarajuću informaciono - komunikacionu podršku, budu deo Interneta i da mogu pristupati drugim

<sup>1</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (dusan.markovic@kg.ac.rs, dalibort@kg.ac.rs, stanasko@kg.ac.rs, vladeta@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (pesovic@ftn.kg.ac.rs, rasin@ftn.kg.ac.rs).

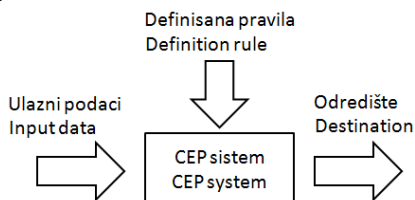
uređajima i servisima na Internetu. Pored prikupljanja podataka u realnom vremenu se vrši i analiza pristiglih podataka, pomoću sistema pod nazivom „Complex Event Processing (CEP) sistem“.

Cilj ovog rada je prikaz monitoring sistema za aplikacije u poljoprivredi, u okviru koga centralno mesto zauzima CEP sistem. Sistem podrazumeva prikupljanje podataka preko bežičnih senzorskih mreža ili IoT uređaja direktno i procesiranje pristiglih podataka u realnom vremenu, kako bi se na osnovu definisanih pravila prepoznale nepogodne vrednosti i o tome obavestili korisnici ili ostali delovi sistema.

### Primena CEP sistema u aplikacijama monitoringa

Sistemi za monitoring funkcionišu tako što posmatraju skup događaja koji se pojavljuju u eksternom okruženju. Zatim ih karakterišu određenim podacima, koji se interpretiraju i kombinuju da bi se na osnovu toga identifikovali složeniji događaji. Detekcija kompleksnih događaja dalje vodi ka slanju obaveštenja korisnicima ili komponenti sistema koja je zadužena da reaguje na njih.

Arhitektura monitoring aplikacije zasnovana na događajima je prikazana na slici 1. Aplikacija se sastoji od izvora događaja (podataka), odredišne (izvršne) komponente sistema i CEP sistema. Izvor događaja nadgleda pojedine pojave i vrši izveštavanje o njihovim vrednostima tokom vremena slanjem niza podataka. Izvršna komponenta u okviru aplikacije prima obaveštenja o detekciji kompleksnih događaja i reaguje na njih preduzimajući odgovarajuće akcije. U centru aplikacije je CEP sistem koji ima ulogu da procesira ulazne podatke koji stižu u nizovima, izvrši detekciju složenih događaja i prosledi njihove vrednosti do odgovarajućih izvršnih komponenti. Detekcija složenih događaja se vrši interpretacijom skupa definisanih pravila preko kojih je opisano kako su složeni događaji formulisani i nad kojim nizovima podataka.



Slika 1. Arhitektura CEP aplikacije  
*Figure 1. Architecture of CEP application*

Uobičajeno je da postoje scenarija gde monitoring aplikacije obuhvataju senzorske uređaje kao izvore podataka na većem geografskom području. U tom slučaju CEP sistem može biti postavljen na nekoliko distribuiranih procesora, međusobno povezanih, formirajući sveobuhvatnu mrežu i koji tako međusobno komuniciraju da bi obezbedili servise procesiranja i rutiranja (Cugola and Margara, 2013).

CEP sistemi su u mnogim slučajevima postali sastavni deo IoT aplikacija kao što su IoT primene za pametne kuće, pametnu poljoprivredu ili industriju. Bez obzira na implementaciju IoT rešenja, potrebno je primeniti pravila nad tokovima podataka kako bi se detektovali određena stanja od interesa za područje primene.

Postoji više sistema za procesiranje pravila nad nizovima podataka kao što su „Drools“ i „WSO2“ CEP sistemi. „Drools“ je razvijen u okviru „JBoss“ skupa projekata otvorenog koda. „Drools“ je zasnovan na jeziku koji definiše pravila i primenjuje optimizovane algoritme kojim se postiže veća brzina u procesu obrade ulaznih podataka (Drools, 2017).

Drugi pomenuti CEP server otvorenog koda jeste „WSO2 CEP“ server koga odlikuje lagana struktura i jednostavno korišćenje. Dati server može detektovati događaje odgovarajućeg značenja iz niza podataka i reagovati na njihove vrednosti u realnom vremenu. U okviru plana izvršavanja mogu se definisati pravila na osnovu kojih se procesiraju podaci i detektuju događaji od interesa nad nizovima podataka koji pristižu od izvorišta (WSO2 CEP, 2017).

Izvor podataka za CEP sistem mogu biti bežične senzorske mreže ili IoT sistemi (Akbar et al., 2015). IoT predstavlja novi koncept prema kome se Internet proširuje sa računara u svet svakodnevnih objekata iz okruženja. Na taj način su fizički objekti, koji su podržani računarskim uređajima, pevezani u virtuelni svet Interneta i mogu biti kontrolisani na daljinu ili pak mogu se ponašati kao pristupne tačke za servise sa Interneta. Vizija IoT je utemeljena na verovanju da će stalni napredak u mikroelektronici, komunikacionim i informacionim tehnologijama tokom prethodnih godina biti nastavljen u budućnosti. Stoga zbog umanjenja dimenzija, stalnog smanjenja cene i potrošnje energije, dolazi do razvoja komunikacionih modula i drugih elektronskih komponenti, koje se sve više ugrađuju u objekte iz okruženja. Takozvani pometni objekti imaju glavnu ulogu u IoT konceptu s'obzirom da ugrađena komunikaciona i informaciona tehnologija značajno unapređuje korišćenje takvih objekata. Upotrebom senzora, uređaji su u mogućnosti da spoznaju kontekst okruženja u kome se nalaze. Pored toga, preko ugrađenih mrežnih modula, uređaji imaju mogućnost da komuniciraju jedni sa drugima, da pristupe servisima na Internetu i da inter-reaguju sa korisnicima.

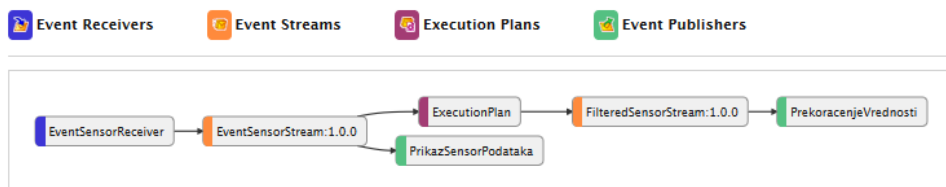
U mnogim aplikacionim domenima, svakodnevni objekti sa Internet pristupom mogu se koristiti za daljinsko nadgledanje stanja u nekom okruženju tako što će prikupljati ažurne informacije o procesima koji se prate, najčešće upotrebom odgovarajućih senzora. Ovakvi sistemi, ne samo da će doprineti boljem razumevanju nadgledanog okruženja, već će imati uticaja na efikasniju kontrolu i upravljanje (Mattern and Floerkemeier, 2010).

### **Monitoring sistemi u poljoprivredi**

Kako bi se postigla visoka optimizacija u poljoprivredi, potrebno je praćenje uslova na terenu tokom vremena, obrada podataka i alarmiranje poljoprivrednih proizvođača kada se stvore uslovi za neophodnost pravovremene reakcije (Sørensen et al., 2010).

Jedna od primena monitoring sistema u poljoprivredi jeste nadgledanje stanja u silaži. Ukoliko dođe do razvoja štetnih mikoorganizama tokom procesa siliranja, temperatura i pH vrednost silaže rastu. Zbog toga se na odgovarajućim mestima u silo masi postavljaju senzori za temperaturu i pH vrednost koji se dalje preko senzorskih uređaja prosleđuju na server. Na serverskoj strani se nalazi “WSO2” CEP server koji procesira nizove podataka sa senzorskih uređaja. Ti podaci predstavljaju ažurno stanje uslova u silaži. Na slici 2. predstavljen je tok događaja na osnovu koga se vidi da sistem prikazuje pristigle podataka i formira niz onih koji predstavljaju prekoračene vrednosti određenog praga.

## CEP Event Flow



Slika 2. Tok događaja za procesiranje podataka za nadgledanje silaže

Figure 1. CEP Event flow for processing data from sensors

U okviru plana izvršavanja „WSO2“ CEP servera definisana su pravila (Primer 1.) koja se primenjuju nad nizovima pristiglih podataka i kao rezultat daju detekciju događaja, koji dalje vode preduzimanju odgovarajućih korisnih akcija kao što je upozoravanje korisnika.

Primer 1. Filtriranje podataka za utvrđivanje alarmantnih stanja

Example 1. CEP query on sensor data for detecting alarm states

```
from inSensorStream [temp > 35.0 and pH > 4.2]
select meta_idSensor,meta_nameSensor,meta_timestemp,temp,pH
insert into outFilterStream;
```

U konkretnom primeru postavljena su pravila koja ispituju nizove podataka tokom vremena kada će doći do nepovoljnih uslova u silaži što odgovara prelasku graničnih vrednosti za temperature iznad 35°C i za pH vrednosti iznad 4,2. Nakon detekcije nepovoljnog stanja sistem može poslati obaveštenje korisniku putem E-mail ili SMS poruka, ili može izlaz preusmeriti na drugu komponentu sistema koji će reagovati na rezultujuće vrednosti.

Prema Jaradat et al. (2008) pomoću senzorskih mreža i sistema monitoringa je moguće predvideti pojavu mraza u određenom lokalitetu, što je posebno važno u proizvodnji voća.

Korišćenje senzorskih mreža i monitoringa može imati velikog značaja pri određivanju vremena navodnjavanja i zalivnih normi što je važno za efikasno iskorišćavanje vodenih zaliha, a pri čemu biljka treba da bude obezbeđena dovoljnom količinom vlage (Kim and Evans, 2009, Diaz et al., 2011). Danas se radi na razvijanju programske logike integrisane sa kontrolom irigacionog sistema za donošenje odluka gde, kada treba navodnjavati i koliko vode primeniti na osnovu prikupljenih podataka.

U staklenicima i plastenicima mogu postojati implementirani sistemi za kontrolu uslova koji svoj rad zasnivaju na sistemu bežičnih senzorskih mreža i monitoringa (Li et al., 2008). Dati sistem prati uslove ambijenta u zaštićenom prostoru, alarmira proizvođače i kontroliše opremu kojom se vrši korigovanje vrednosti parametara koji nisu na optimalnom nivou. Korišćenjem savremenih i preciznih modela za praćenje intenziteta svetlosti moguće je odrediti optimalne vrednosti temperature pri postojećim uslovima osvetljenja.

Veliku ulogu ovi sistemi mogu imati u praćenju i analizi uslova za razvoj različitih štetnih organizama. Ukoliko system na osnovu senzorskih podataka o meteorološkim

uslovima (temperature, vlažnost) ustanovi da su uslovi za razvoj patogena ispunjeni, obaveštavaju se proizvođači u cilju što bržeg reagovanja. Pored toga, potrebno je razvijati i druge modele senzora za otkrivanje pojave štetnih organizama na samoj biljci (Sankaran, 2010).

### **Zaključak**

Monitoring sistemi su od velikog značaja u poljoprivredi u cilju optimizacije upotrebe resursa i donošenja pravovremenih odluka za primenu odgovarajućih mera. U radu je predstavljen model monitoring sistema, koji koristi "WSO2" CEP server, za detekciju parametara iz nizova pristiglih podataka u realnom vremenu. Prednosti ovakvog sistema su u mogućnosti definisanja pravila koja se izvršavaju nad podacima istovremeno kako pristižu. U slučaju detekcije nepovoljnih uslova šalje se obaveštenje korisnicima ili nekoj drugoj komponenti sistema, koja će preduzeti odgovarajuće akcije. Sledeći koraci u razvoju sistema bi bili proširenje sa novim senzorima i izvorima podataka, kako bi se mogla definisati pravila za dodatnu optimizaciju procesa poljoprivredne proizvodnje.

### **Napomena**

Rad je realizovan u okviru projekta TR 32043, finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period 2011-2017.

### **Literatura**

- Akbar A., Carrez F., Moessner K., Sancho J. Rico J. (2015). Context-aware stream processing for distributed IoT applications. 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Milan, pp. 663-668.
- Bhargavi R. (2016). Complex Event Processing Framework for Big Data Applications. In Mahmood Z. (Eds.), Data Science and Big Data Computing, Frameworks and Methodologies, Springer International Publishing, Part I, pp. 41-56.
- Cugola G., Margara A. (2013). Deployment strategies for distributed complex event processing. *Computing*, 95(2): 129-156.
- Đević M, Dimitrijević A, Blažin (2008): Control of climatic condition inside greenhouses. *Cont. Agr. Engng.*, 34(1-2):32-39.
- Diaz E.S., Peres C.J., Mateos C.A., Marinescu C.M., Guerra B.B. (2011): A novel methodology for the monitoring of the agricultural production process based on wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(2): 252-265.
- Drools, <https://www.drools.org>, poslednja poseta: 26.01.2017.
- Jaradat A.K.M., Al-Nimr A.M., Alhamad N.M. (2008). Smoke modified environment for crop frost protection: a fuzzy logic approach. *Computers and electronics in agriculture*, 64: 104-110.
- Khedo K.K., Perseedoss R., Mungur A. (2010): A wireless sensor network air pollution monitoring system. *International journal of wireless and mobile networks*, 2(2): 31-45.
- Kim Y., Evans G.R. (2009). Software design for wireless sensor-based site-specific irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66: 159-165.

- Lee W.S., Alchanatis V., Yang C., Hirafuji M., Moshou D., Li C. (2010). Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74: 2-33.
- Li X., Deng Y., Ding L. (2008). Study on precision agriculture monitoring framework based on WSN. *2nd International Conference on Anti-counterfeiting, Security and Identification*, 182 - 185.
- Li Y., Yuan B., Bie Z., Kang Y. (2012). Effect of drip irrigation criteria on yield and quality of muskmelon grown in greenhouse conditions. *Agricultural Water Management*, 109: 30-35.
- Mattern F., Floerkemeier C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. In Sachs K., Petrov I., and Guerrero P. (Eds.), *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 242–259.
- Sankaran S., Mishra A., Ehsani R., Davis C. (2010): A review of advanced techniques for detecting plant diseases. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(1): 1–13.
- Sørensen C., Fountas S., Nash E., Pesonen L., Bochtis D., Pedersen S., Basso B., Blackmore S. (2010). Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture* 72(1): 37–47.
- WSO2 CEP, <https://docs.wso2.com/display/CEP420/WSO2+Complex+Event+Processor+Documentation>, poslednja poseta: 25.01.2017.

## REALIZATION OF MONITORING SYSTEMS IN AGRICULTURE

*Dušan Marković<sup>1</sup>, Dalibor Tomić<sup>1</sup>, Snežana Tanasković<sup>1</sup>, Vladeta Stevović<sup>1</sup>,  
Uroš Pešović<sup>2</sup>, Siniša Randić<sup>2</sup>*

### Abstract

Knowledge about relationship between plants and the environment, in which they vegetate, is one of the prerequisites for optimizing plant production. Therefore, monitoring systems play an important role in agriculture. These systems allow you to collect data about conditions in the field via sensor networks, which nowadays increasingly function in the concept of "Internet of Things". The data collected with sensor devices are processed on the server side through the "Complex Event Processing System". Those systems are characterized by the ability to define rules that are applied over the data at the same time as they are collected. On the basis of these rules detection of certain values, that are important to the user, would be achieved. By applying this system users in the shortest possible time would be informed about detected values and can take appropriate actions.

**Key words:** Complex Event Processing-CEP, IoT, agriculture, monitoring.

<sup>1</sup>University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, 32000 Čačak, Srbija (dusan.markovic@kg.ac.rs, dalibort@kg.ac.rs, stanasko@kg.ac.rs, vladeta@kg.ac.rs);

<sup>2</sup>University of Kragujevac, Faculty of technical sciences Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (pesovic@ftn.kg.ac.rs, rasin@ftn.kg.ac.rs).